

## O Efeito da Rega e Fertilização na Alometria das Árvores

Ana Cortiçada, Sónia P. Faias, Margarida Tomé, José Tomé

Instituto Superior de Agronomia, Depto. de Engenharia Florestal, Tapada da Ajuda, 1399  
LISBOA Codex.

**Resumo.** A determinação de biomassa das espécies florestais tem elevada importância, não só para fins comerciais, mas também por razões relativas a avaliação da produtividade do ecossistema, dos fluxos de energia e dos ciclos de nutrientes, especialmente para quantificar a contribuição das florestas no ciclo global do carbono.

Para a espécie *Eucalyptus globulus* Labill., são apresentados dois sistemas de equações obtidos por ajustamento simultâneo, para estimar a biomassa aérea por diferentes componentes da árvore: lenho, casca, ramos e folhas.

No ajustamento destes sistemas foram utilizados os dados provenientes de seis abates efectuados ao longo do tempo: 0.5 anos, 0.92 anos, 1.92 anos, 2.93 anos, e 5.84 anos, num ensaio de fertilização e rega de *Eucalyptus globulus* Labill., localizado na zona Centro de Portugal.

Um dos sistemas de equações foi desenvolvido para alturas superiores a 2 metros em função de diferentes variáveis da árvore, conforme a componente em causa; o outro sistema de equações foi desenvolvido para alturas inferiores a 2 metros, apenas em função da altura da árvore, uma vez que, para árvores muito jovens nem sempre são efectuadas medições de diâmetros nas árvores, como é o caso dos dados utilizados. Em ambos os sistemas foi testado o efeito dos tratamentos aplicados, assim como das variáveis do povoamento.

Verificou-se que o tratamento rega afecta a relação entre as dimensões da árvore e a biomassa aérea total, sendo este efeito evidente para cada componente da árvore, enquanto que o tratamento fertilização apenas se evidencia na componente ramos.

**Palavras-Chave:** *Eucalyptus globulus* Labill., Biomassa aérea, Ajustamento simultâneo

## INTRODUÇÃO

### Dados

O ensaio de fertilização e rega foi instalado com o objectivo de conhecer a resposta da *Eucalyptus globulus* Labill. ao efeito da rega e da fertilização. Localiza-se na Quinta do Furadouro, na região Centro de Portugal (32°9'N, 9°15'W), a cerca de 10 km de distância do Oceano Atlântico e a uma altitude de 30 m acima do nível do mar. O ensaio é constituído por dois blocos e quatro tratamentos: controlo (C), fertilizado (F), irrigado (I) e fertilizado mais irrigado (IL). O nível de fertilização utilizado procurou garantir a quantidade de nutrientes assimilada pelas árvores, e o nível de irrigação foi aplicado por forma a manter 80% da capacidade de campo do solo. O compasso instalado foi 3 m x 3 m.

Neste ensaio foi conduzida uma amostragem destrutiva de diversas árvores por tratamento, em diferentes idades, para obtenção de biomassas. No total, foram realizados 5 abates nas seguintes idades: 0.5 anos (Setembro 1986), 0.92 anos (Fevereiro 1987), 1.92 anos (Fevereiro 1988), 2.83 anos (Fevereiro 1989) e 5.84 anos (Janeiro 1992). Para os dois primeiros abates foram seleccionadas 12 árvores por tratamento, distribuídas de acordo com a distribuição de alturas, nos abates de 1987 e 1988 foram seleccionadas 10 árvores por tratamento, e no abate de 1992 apenas 8 árvores, de acordo com a distribuição de diâmetros existentes, perfazendo um total de 208 observações. Para cada árvore foi determinada a biomassa de folhas, lenho, casca, ramos e outros componentes (frutos e flores). Foram igualmente medidas as variáveis biométricas: altura total (m), altura de base da copa (m) e diâmetro à altura do peito (cm). O Quadro 1 apresenta um resumo dos dados obtidos e a figura 1 apresenta as biomassas médias de cada componente, por tratamento e idade.

Quadro 1 - Média e desvio padrão das variáveis biométricas e biomassas por componente, das árvores abatidas para cada tratamento e idade

Trat	t	n	<i>d (cm)</i>		<i>h (m)</i>		<i>hcb (m)</i>		<i>ww (kg)</i>		<i>wb (kg)</i>		<i>wl (kg)</i>		<i>wbr (kg)</i>	
			Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b>C</b>	0.5	12	0.7	0.3	1.7	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.1
	0.92	12	2.2	0.6	2.5	0.4	0.0	0.0	0.5	0.2	0.1	0.0	0.8	0.3	0.4	0.2
	1.92	10	6.5	1.2	6.5	0.9	1.2	0.8	4.8	1.9	1.0	0.4	2.2	0.8	1.7	0.8
	2.93	10	9.6	2.1	10.4	1.2	3.8	0.6	15.2	7.0	2.5	0.9	3.6	1.7	3.5	1.7
	5.84	8	14.3	3.5	16.3	2.2	6.8	0.8	57.7	30.5	9.3	5.2	9.7	5.5	8.2	4.6
<b>F</b>	0.5	12	0.5	0.3	1.7	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.1
	0.92	12	2.6	0.7	2.8	0.5	0.0	0.0	0.7	0.3	0.2	0.1	1.0	0.4	0.6	0.3
	1.92	10	7.6	1.1	7.5	0.7	1.0	0.8	6.9	2.6	1.3	0.5	3.0	0.9	2.9	1.0
	2.93	10	11.4	1.7	12.1	0.9	4.4	0.5	22.0	6.4	3.7	0.8	4.4	1.4	4.9	1.8
	5.84	8	15.7	3.8	18.2	2.0	7.9	2.5	75.7	34.2	9.8	4.0	11.6	6.5	9.3	4.6
<b>I</b>	0.5	12	1.5	0.4	2.3	0.3	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.5	0.1	0.3	0.1
	0.92	12	3.7	0.7	3.8	0.5	0.0	0.0	1.3	0.4	0.3	0.1	1.4	0.3	0.9	0.2
	1.92	10	8.4	1.2	8.1	1.0	2.2	0.9	8.9	2.9	1.5	0.5	3.0	1.2	2.4	1.0
	2.93	10	11.5	1.7	12.7	1.0	4.8	0.9	23.9	7.0	3.6	0.8	4.6	1.6	4.2	1.5
	5.84	8	16.6	4.7	20.7	3.1	9.5	1.5	94.9	59.2	11.4	6.7	11.1	8.1	8.7	5.2
<b>IL</b>	0.5	12	2.0	0.4	2.6	0.3	0.0	0.0	0.4	0.1	0.1	0.0	0.7	0.2	0.4	0.1
	0.92	12	4.5	0.6	4.1	0.4	0.0	0.0	1.8	0.4	0.3	0.1	1.6	0.3	1.1	0.3
	1.92	10	9.9	1.3	9.7	0.8	2.0	1.1	15.4	4.9	2.3	0.6	4.4	1.1	4.2	1.6
	2.93	10	13.1	2.2	13.8	1.1	5.5	1.1	34.7	12.8	4.9	1.6	5.6	1.7	6.4	2.3
	5.84	8	18.1	5.6	21.0	3.4	10.7	2.4	107.1	69.1	12.6	6.5	10.3	6.5	10.3	7.2

Trat – tratamento aplicado: C- Controle, F – Fertilizado, I – Irrigado, IL – Irrigado e fertilizado; t – idade (anos) ; n – número de árvores abatidas; d – diâmetro à altura do peito; h – altura total; hcb – altura da base da copa; ww – biomassa do lenho; wb – biomassa da casca; wl – biomassa foliar; wbr – biomassa de ramos; DP – desvio padrão.

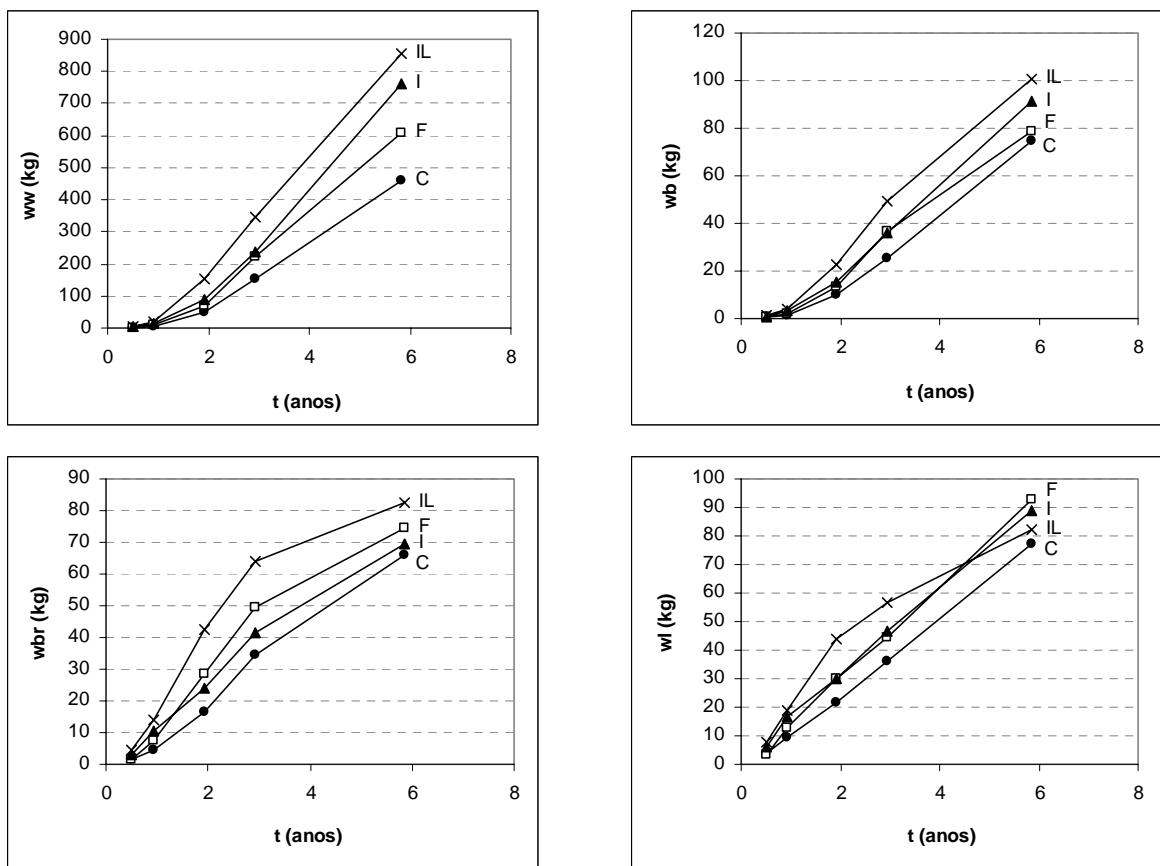


Figura 1 - Biomassas médias das árvores abatidas para cada tratamento e idade

## METODOLOGIA

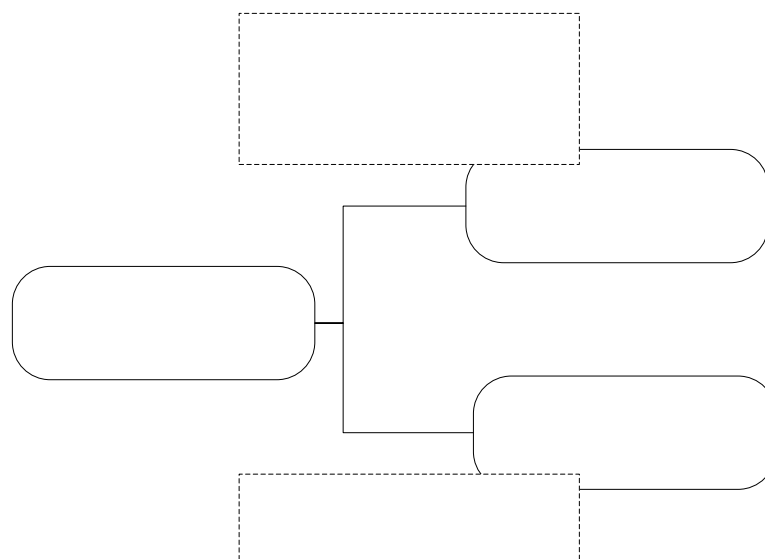
### Seleção das equações por componente

Para estimar a biomassa dos diversos componentes das árvores: lenho, casca, ramos e folhas, foram desenvolvidos dois sistemas de equações consoante a idade, uma vez que para árvores muito jovens não foram efectuadas medições de diâmetros nas árvores.

Por conseguinte, foi ajustado um sistema para estimar as biomassas das árvores com altura igual ou superior a 2 metros, pois verificou-se através das medições não destrutivas, ser esta, aproximadamente, a altura mínima a partir da qual os diâmetros começaram a ser medidos. Foram ainda excluídas, para o ajustamento deste sistema, as parcelas que, após esta pré selecção, ficaram representadas por apenas duas observações. No final, o conjunto de dados utilizado para o ajustamento continha 180 observações.

O outro sistema, para alturas inferiores a 2 metros, foi ajustado utilizando todas as observações para a idade 0.5 anos e altura total (h) inferior a 2 metros, perfazendo um conjunto de 48 observações.

A selecção/eliminação de registos foi feita directamente nos programas SAS, através de linhas de programação do tipo “if (condição) then (consequência)”, conforme apresentado na Figura 2.



if h<= 2 or h=, the  
if d=0 or d=0.1 th  
if nparc=9 and t=0  
if nparc=5 and t=0

Figura 2 – Restrições consideradas no ajustamento dos dois sistemas de equações de biomassa

Para ambos os sistemas de equações, o ajustamento de cada componente foi feito de forma não linear, recorrendo ao procedimento NLIN do módulo SAS STAT v8.02 (SAS Institute, 1999-2001), utilizando o algoritmo de Gauss-Newton, que através de um processo iterativo gera estimativas optimizadas para os vários parâmetros, minimizando em simultâneo a soma dos quadrados dos resíduos.

Partiu-se da conhecida relação alométrica geral,  $w = \alpha d^\beta h^\gamma$ , para seleccionar as melhores equações de biomassa para cada componente, onde  $d$  corresponde ao diâmetro medido à altura de 1.30 m (cm),  $h$  à altura total da árvore (m) e  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são os parâmetros da equação de regressão. Em primeiro lugar foram seleccionadas as fórmulas gerais para cada componente, testando também como variáveis independentes, em substituição da altura total ( $h$ ), a profundidade de copa ( $cl$ ) e a proporção de copa ( $cr$ ). De entre os modelos testados seleccionou-se, para cada componente, o que apresentou maior valor de  $R^2$  ajustado e menor soma do quadrado dos resíduos (SSE).

No caso do sistema de equações para as alturas inferiores a 2 metros, a relação alométrica utilizada foi  $w = \alpha h^\gamma$ , pois a variável diâmetro ( $d$ ) não foi medida para estas idades.

No quadro 2, encontram-se as equações gerais seleccionadas para cada componente e para cada sistema de equações considerado.

**Dados totais**

(n = 208)

if h<= 2 or t<0.92;  
if h=, then delete;

Quadro 2 - Equações gerais seleccionadas para cada componente da árvore e para cada sistema de equações considerado

	<b>h≥2 m</b>	<b>h&lt;2 m</b>
<i>Lenho</i>	$ww = \alpha d^\beta h^\gamma$	$ww = \alpha h^\gamma$
<i>Casca</i>	$wb = \alpha d^\beta h^\gamma$	$wb = \alpha h^\gamma$
<i>Ramos</i>	$wbr = \alpha d^\beta cr^\gamma$	$wbr = \alpha h^\gamma$
<i>Folhas</i>	$wl = \alpha d^\beta cl^\gamma$	$wl = \alpha h^\gamma$

De seguida apresenta-se a metodologia específica seguida para cada um dos sistemas de equações.

## Sistema de equações para altura igual ou superior a 2 metros

### a) expressar constantes alométricas em função de variáveis do povoamento

António (2004), demonstrou uma forte dependência dos parâmetros alométricos  $\beta$  e  $\gamma$  em relação ao estado de desenvolvimento das árvores, expresso por idade ( $t$ ) ou altura dominante ( $hdom$ ). Neste trabalho foi seguida a mesma metodologia, tendo-se ajustado o modelo seleccionado para cada componente, com cada um dos parâmetros individualmente expresso em função dum conjunto das variáveis indicatrizes definidas para cada combinação *parcela X idade*.

Para cada componente, foi analisada graficamente a relação entre os parâmetros alométricos ( $\beta$ ,  $\gamma$ ) e as variáveis do povoamento, nomeadamente idade ( $t$ ) e altura dominante ( $hdom$ ). Para todos os componentes, obteve-se uma relação evidente entre ambos os parâmetros e a altura dominante, conforme se observa no **Anexo 1**. Esta relação ( $p$ ) é melhor explicada por uma curva com forma hiperbólica até um dado valor de altura dominante ( $hdom0$ ) e com valor constante após, sendo expressa da seguinte forma:

$$p = \frac{hdom}{p_1 + p_2 hdom}, \text{ para } hdom \leq hdom0, \forall p = \beta, \gamma$$
$$p = \frac{hdom0}{p_1 + p_2 hdom0}, \text{ para } hdom > hdom0, \forall p = \beta, \gamma$$

Apesar de, na maioria dos casos, ambos os parâmetros alométricos se encontrarem relacionados com a altura dominante do povoamento, seleccionou-se para adicionar ao modelo de cada componente, a equação que expressa o parâmetro alométrico  $\beta$  em função de  $hdom$ , uma vez que existem geralmente maiores erros associados às medições da altura total da árvore, e por conseguinte ao parâmetro que lhe está associado ( $\gamma$ ).

### b) testar a homocedasticidade dos resíduos e estimar uma equação para ponderação dos resíduos

Segundo Parresol (1999), os dados de biomassa apresentam frequentemente heterocedasticidade, ou seja, a variância do erro  $\sigma^2$  não é constante para todas as observações, encontrando-se relacionada com uma ou mais das variáveis independentes do modelo de regressão. Esta relação para cada componente de biomassa aérea ( $i$ ) representa-se sob a forma de equação:

$$E(\varepsilon_{i,t}^2) = \sigma_{i,t}^2 = \sigma^2 \exp(g_t \theta),$$

onde  $g'_{i,t} = [g_{i,t1}, g_{i,t2}, \dots, g_{i,tp}]$  é o vector linha da  $t^{ésima}$  observação de  $p$  variáveis não estocásticas (algumas ou todas as variáveis independentes do modelo, combinações ou funções destas) e  $\theta_i = [\theta_{i,1}, \theta_{i,2}, \dots, \theta_{i,p}]$  é um vector coluna dos parâmetros a estimar.

Para averiguar a existência a heterocedasticidade dos resíduos, analisaram-se os gráficos dos resíduos *studentizados* em função dos respectivos valores estimados, conforme o **Anexo 2**. Como é possível verificar, foi detectada a presença de heterocedasticidade, a qual foi ultrapassada efectuando o reajustamento das equações por regressão não linear ponderada com pesos determinados de acordo com a metodologia discutida por Parresol (1999).

Procurou definir-se quais as variáveis independentes, ou combinações destas, mais fortemente relacionadas com os resíduos, ajustando uma regressão linear do logaritmo do quadrado dos resíduos em função de várias combinações das variáveis independentes. Foi seleccionada a relação que apresentou o maior  $R^2$  e, cuja hipótese de homocedasticidade foi rejeitada (Parresol, 1999), indicando a necessidade de modelar a sua estrutura. Os

parâmetros  $\theta_i$ , associados às respectivas variáveis seleccionadas, foram estimados ajustando pelo método dos mínimos quadrados a regressão do logaritmo do quadrado dos resíduos em função das respectivas variáveis:

$$\ln(e_{i,t})^2 = \ln \sigma_i^2 + g'_{i,t} \theta_i + v_{i,t}$$

onde  $v_{i,t}$  é o erro do modelo e  $e_{i,t}$  é o resíduo da  $t^{\text{ésima}}$  observação da biomassa da componente  $i$  em questão).

Desta forma, obteve-se, como factor de ponderação  $\text{peso} = \exp(g'_{i,t} \theta_i)$ . No quadro 3, apresentam-se as equações seleccionadas para os pesos de cada componente de biomassa aérea.

Quadro 3 - Pesos seleccionados para cada componente da árvore

Componente	Peso
<i>Lenho</i>	$\text{peso} = d^{-2.4085} h^{6.2741}$
<i>Casca</i>	$\text{peso} = d^{2.1302} e^{0.16813 h}$
<i>Folhas</i>	$\text{peso} = e^{0.0050 h \text{dom}^2 + 0.0156 cl^2}$
<i>Ramos</i>	$\text{peso} = h \text{dom}^{1.3980} e^{0.1331 d}$

Na fase seguinte, testou-se o efeito de cada tratamento, fertilização e rega, em separado e em conjunto, no parâmetro alométrico seleccionado anteriormente. Para o efeito, foram criadas duas variáveis categóricas: FRT, que assume o valor de 1 nas parcelas fertilizadas e 0 nas não fertilizadas, e H2O, que assume o valor de 1 em parcelas irrigadas e 0 em parcelas não irrigadas.

Para as equações seleccionadas analisou-se igualmente a normalidade dos resíduos studentizados (gráfico de probabilidades normal). A não normalidade dos resíduos studentizados foi ultrapassada efectuando o reajustamento das equações por regressão robusta baseada no método do estimador de Huber (Myers, 1986).

### Sistema de equações para altura inferior a 2 metros

Como já referido anteriormente, partiu-se da relação alométrica geral  $w = \alpha h^\gamma$  para todos os componentes, testando, para cada um deles, o efeito dos tratamentos, rega e/ou fertilização, nos parâmetros  $\alpha$  e  $\gamma$ , aplicando a metodologia seguida no ajustamento do sistema de equações para altura superior ou igual a 2 metros. Foi seleccionado para cada componente o modelo com maior  $R^2$  ajustado e cujas estimativas dos parâmetros foram significativamente diferentes de zero.

Para cada componente analisou-se a homocedasticidade e a normalidade dos resíduos *studentizados*, aplicando a metodologia referida no ajustamento do sistema de equações para árvores com idades superiores.

### Ajustamento Simultâneo do Sistema de Equações

Em seguida, procedeu-se ao ajustamento simultâneo das equações seleccionadas para cada componente de biomassa e para cada um dos sistemas considerados. Para tal, seguiu-se o procedimento referido por Parresol (2001), que consiste no recurso ao método dos

mínimos quadrados generalizados designado por “nonlinear seemingly unrelated regressions” (NSUR). A biomassa de cada componente é calculada por uma regressão com as suas próprias variáveis independentes e a regressão para a biomassa total como somatório das funções utilizadas para as outras componentes. Cada regressão foi ajustada utilizando os pesos específicos determinados no ajustamento independente (quadro 3). O referido procedimento foi aplicado recorrendo à opção ITSUR do procedimento MODEL do SAS (SAS Institute, 1999-2001).

## RESULTADOS

### Sistemas de equações seleccionados

Nos quadros 4 e 5 apresentam-se os sistemas de equações obtidos para árvores com altura igual ou superior a 2 metros e altura inferior a 2 metros, respectivamente, obtidos no ajustamento simultâneo.

**Quadro 4** - Parametrização das equações seleccionadas por componente no ajustamento simultâneo, para árvores com altura superior ou igual a 2 metros (n=180).

	Expressão Matemática	Parâmetros	R <sup>2</sup> ajust
<b>Lenho</b>	<p>Para <math>hdom \leq 7.2952</math></p> $ww = \alpha_w d \left[ \left( \frac{hdom}{\beta_{1w} + \beta_{2w} hdom} \right) + \beta_{3w} H2O \right] h^{\gamma_w}$ <p>Para <math>hdom &gt; 7.2952</math>, substitui-se <math>hdom</math> por este valor</p>	$\alpha_w = 0.0195$ $\beta_{1w} = -0.7232$ $\beta_{2w} = 0.7232$ $\beta_{3w} = -0.0296$ $\gamma_w = 1.3046$	0.9964
<b>Casca</b>	<p>Para <math>hdom \leq 5.3465</math></p> $wb = \alpha_b d \left[ \left( \frac{hdom}{\beta_{1b} + \beta_{2b} hdom} \right) + \beta_{3b} H2O \right] h^{\gamma_b}$ <p>Para <math>hdom &gt; 5.3465</math>, substitui-se <math>hdom</math> por este valor</p>	$\alpha_b = 0.0086$ $\beta_{1b} = -0.8989$ $\beta_{2b} = 0.8713$ $\beta_{3b} = -0.0639$ $\gamma_b = 1.0807$	0.9676
<b>Folhas</b>	<p>Para <math>hdom \leq 10.9204</math></p> $wl = \alpha_l d \left[ \left( \frac{hdom}{\beta_{1l} + \beta_{2l} hdom} \right) + \beta_{3l} H2O \right] cl^{\gamma_l}$ <p>Para <math>hdom &gt; 10.9204</math>, substitui-se <math>hdom</math> por este valor</p>	$\alpha_l = 0.0412$ $\beta_{1l} = -1.1150$ $\beta_{2l} = 0.7710$ $\beta_{3l} = -0.0566$ $\gamma_l = 0.5978$	0.9160
<b>Ramos</b>	<p>Para <math>hdom \leq 4.9718</math></p> $wbr = \alpha_{br} d \left[ \left( \frac{hdom}{\beta_{1br} + \beta_{2br} hdom} \right) + \beta_{3br} H2O + \beta_{4br} FRT \right] cr^{\gamma_{br}}$ <p>Para <math>hdom &gt; 4.9718</math>, substitui-se <math>hdom</math> por este valor</p>	$\alpha_{br} = 0.0588$ $\beta_{1br} = -0.6349$ $\beta_{2br} = 0.6553$ $\beta_{3br} = -0.0365$ $\beta_{4br} = 0.0451$ $\gamma_{br} = 0.5434$	0.9357
<b>Total</b>	$wt = \alpha_w d^{\beta_w} h^{\gamma_w} + \alpha_b d^{\beta_b} h^{\gamma_b} + \alpha_l d^{\beta_l} cl^{\gamma_l} + \alpha_{br} d^{\beta_{br}} cr^{\gamma_{br}}$		0.9939

ww - biomassa do lenho (kg); wb - biomassa da casca (kg); wl - biomassa foliar (kg); wbr - biomassa dos ramos (kg); wt - biomassa total (kg); h - altura total da árvore (m); d - diâmetro medido a 1.30 m de altura (cm); cl - profundidade de copa (m); cr - proporção da copa; hdom - altura dominante (m); H2O - variável categórica que assume o valor 1 para parcelas irrigadas e 0 para parcelas não irrigadas; FRT - variável categórica que assume o valor 1 para parcelas fertilizadas e 0 para parcelas não fertilizadas;  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$ ,  $\gamma_i$  - parâmetros do modelo de regressão

**Quadro 5** - Parametrização das equações seleccionadas por componente no ajustamento simultâneo, para árvores com altura inferior a 2 metros (n=48)

	Expressão Matemática	Parâmetros	R <sup>2</sup> ajust
<b>Lenho</b>	$ww = \alpha_w h^{\gamma_{1w} + \gamma_{2w} H2O + \gamma_{3w} H2O}$	$\alpha_w = 0.0341$ $\gamma_{1w} = 2.0330$ $\gamma_{2w} = 0.1581$ $\gamma_{3w} = 0.2860$	0.9447
<b>Casca</b>	$wb = \alpha_b h^{\gamma_{1b} + \gamma_{2b} H2O + \gamma_{3b} FRT}$	$\alpha_b = 0.0125$ $\gamma_{1b} = 1.8590$ $\gamma_{2b} = 0.1274$	0.8595
<b>Folhas</b>	$wl = \alpha_l h^{\gamma_l}$	$\alpha_l = 0.1323$ $\gamma_l = 1.6206$	0.6195
<b>Ramos</b>	$wbr = \alpha_{br} h^{\gamma_{br}}$	$\alpha_{br} = 0.0316$ $\gamma_{br} = 2.5169$	0.7154
<b>Total</b>	$wt = \alpha_w h^{\gamma_w} + \alpha_b h^{\gamma_b} + \alpha_l h^{\gamma_l} + \alpha_{br} h^{\gamma_{br}}$		0.7679

ww - biomassa do lenho (kg); wb - biomassa da casca (kg); wl - biomassa foliar (kg); wbr - biomassa dos ramos (kg); wt - biomassa total (kg); h - altura total da árvore (m); H2O – variável categórica que assume o valor 1 para parcelas irrigadas e 0 para parcelas não irrigadas; FRT - variável categórica que assume o valor 1 para parcelas fertilizadas e 0 para parcelas não fertilizadas;  $\alpha_i$ ,  $\gamma_i$  – parâmetros do modelo de regressão

## CONCLUSÕES

Neste trabalho foram desenvolvidos dois sistemas de equações de biomassa para um ensaio de *Eucalyptus globulus* Labill., em função da altura da árvore.

No sistema para alturas iguais ou superiores a 2 metros, as biomassas do lenho e casca são dependentes do diâmetro e da altura total da árvore, sendo a biomassa foliar melhor explicada pela combinação entre o diâmetro da árvore e a profundidade da copa, e a biomassa de ramos pela combinação entre o diâmetro da árvore e a proporção da copa.

Verificou-se uma dependência das constantes alométricas das árvores em relação à altura dominante do povoamento. O efeito dos tratamentos aplicados, fertilização e rega, foi igualmente testado para todas as componentes de biomassa. Verificou-se que a rega afecta a relação entre as dimensões da árvore e a biomassa total, uma vez que o seu efeito é evidente para todas as componentes da árvore. Em relação à fertilização, apenas se revelou significativa para a componente ramos.

No sistema para árvores com altura inferior a 2 metros, todas as componentes foram expressas apenas em função da altura total, uma vez que não foram medidos os diâmetros. Os tratamentos aplicados foram igualmente testados, sendo significativo o efeito combinado da rega e fertilização na biomassa do lenho e casca, e o efeito individual da rega na biomassa de casca. Para as componentes ramos e folhas, não se verificou qualquer efeito dos tratamentos aplicados nas biomassas das árvores mais jovens.

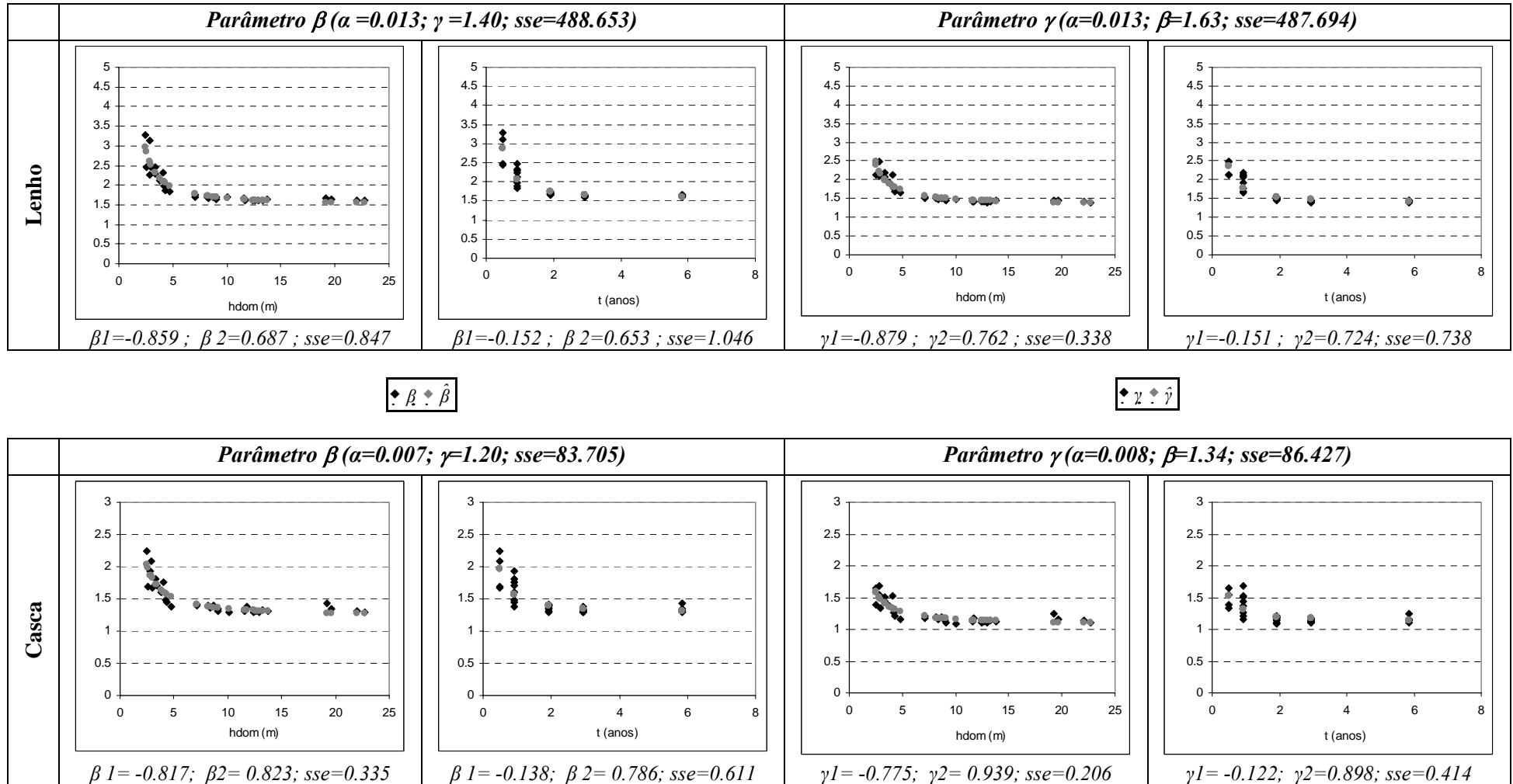


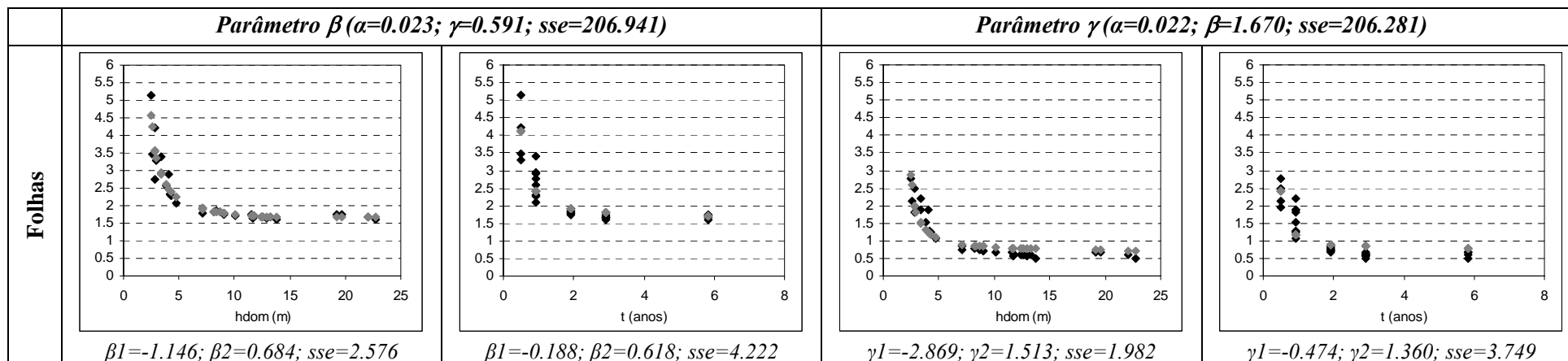
De futuro, pretende-se para este mesmo ensaio, desenvolver uma equação para a área foliar e uma relação hipsométrica que permita obter resultados mais conclusivos relativamente à influência dos tratamentos aplicados no desenvolvimento das árvores.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- António, N., Tomé, M., Tomé, J., Soares, P., Fontes, L. (2004). Tree Biomass Equations for *Eucalyptus globulus* in Portugal, Portugal In: Borralho, N. M. G., Pereira, J. S., Marques, C., Coutinho, J., Madeira, M. & Tomé, M. (ed.), *Eucalyptus in a changing world*. Proc. Iufro Conf., Aveiro, 11-15 Oct. (RAIZ, Instituto de Investigação da Floresta e do Papel, Portugal) (poster).
- Myers, R.H. (1986). *Classical and Modern Regression with Applications*. Duxbury Press, Boston, Massachusetts, EUA.
- Parresol, B.R. (1999). Assessing Tree and Stand Biomass: A Review with Examples and Critical Comparisons, *Forest Science*, Vol. 45, 4, 573-593.
- Parresol, B.R. (2001). Additivity of nonlinear biomass equations, *Canadian Journal of Forest Research*, 31, 5, 865-878.
- Reed, D., Tomé, M. (1998). Total aboveground biomass and net dry matter accumulation by plant component in young *Eucalyptus globulus* in response to irrigation, *Forest Ecology and Management*, 103, 31-32.

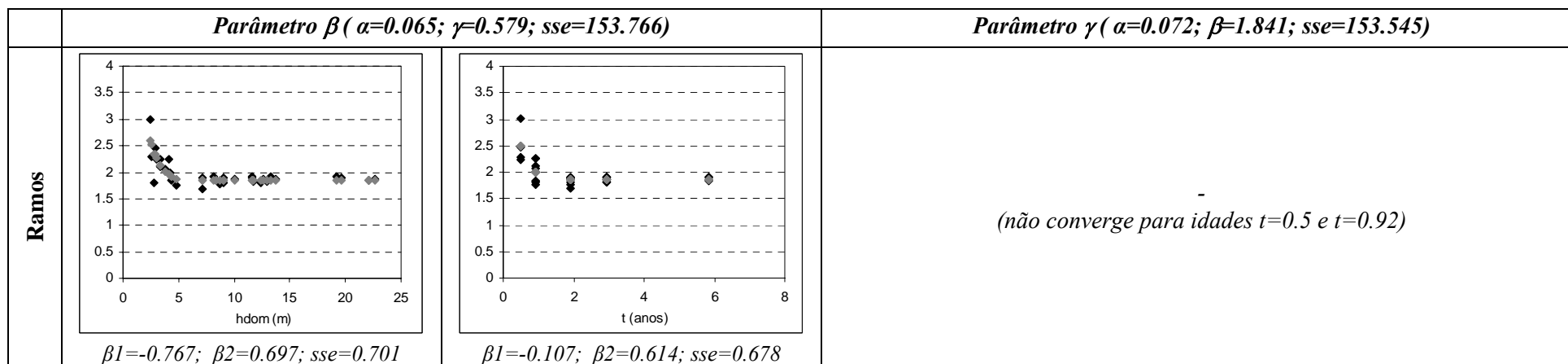
Anexo 1 – Relação entre os parâmetro 7alométricos,  $\beta$  e  $\gamma$ , e as variáveis do povoamento, altura dominante (hdom) e idade (t).



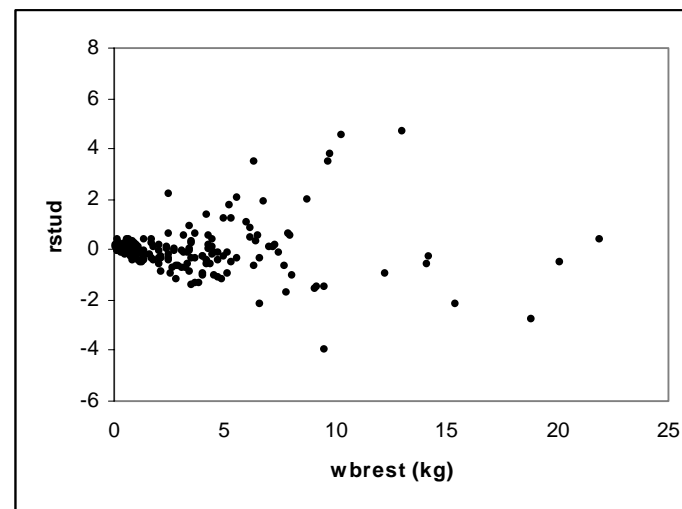
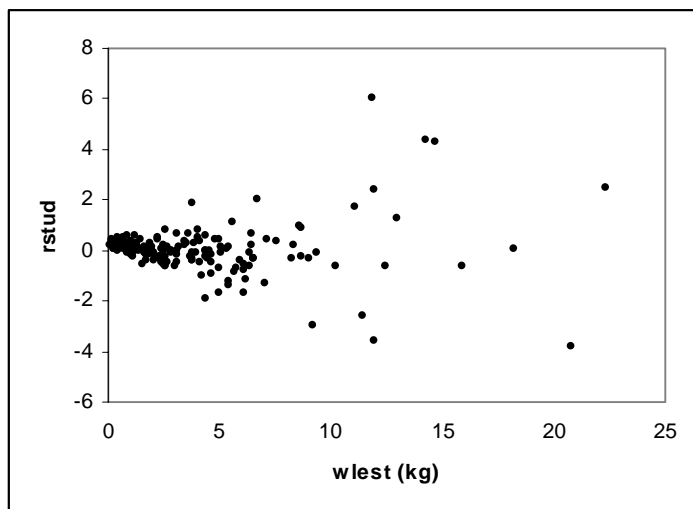
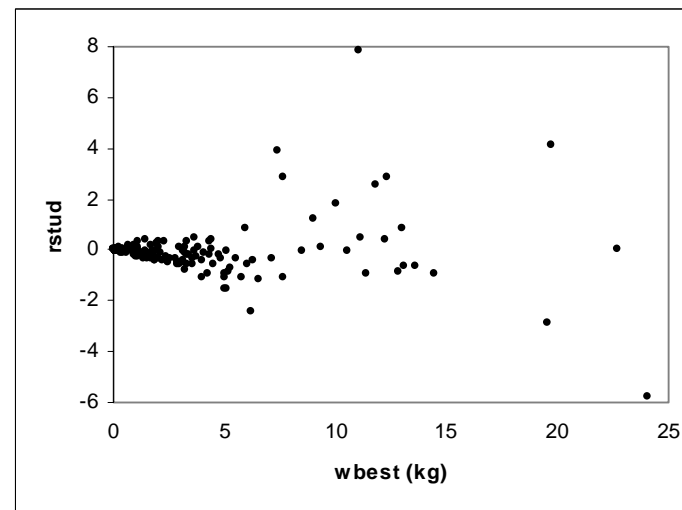
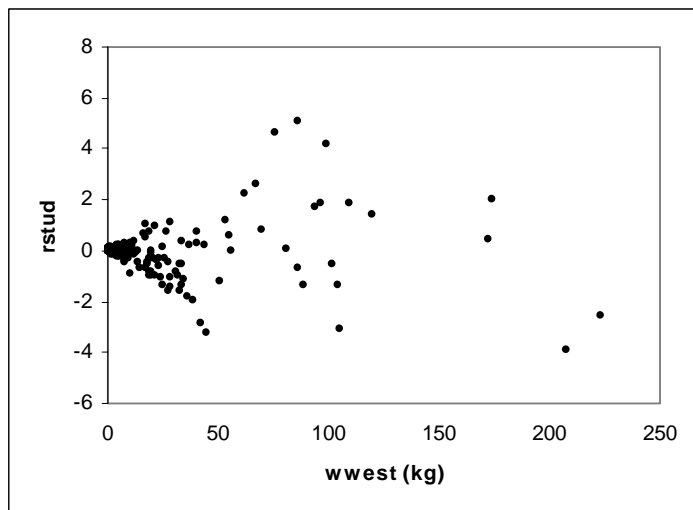


◆  $\beta$  ◆  $\hat{\beta}$

◆  $\gamma$  ◆  $\hat{\gamma}$



**Anexo 2 - Gráficos dos resíduos *studentizados* em função dos respectivos valores estimados, sem ponderação dos resíduos.**



**Legenda:**

rstud – resíduos *studentizados*, wwest – biomassa de lenho estimada, wbest – biomassa de casca estimada, wlest – biomassa de folhas estimada, wbrest – biomassa de ramos estimada.